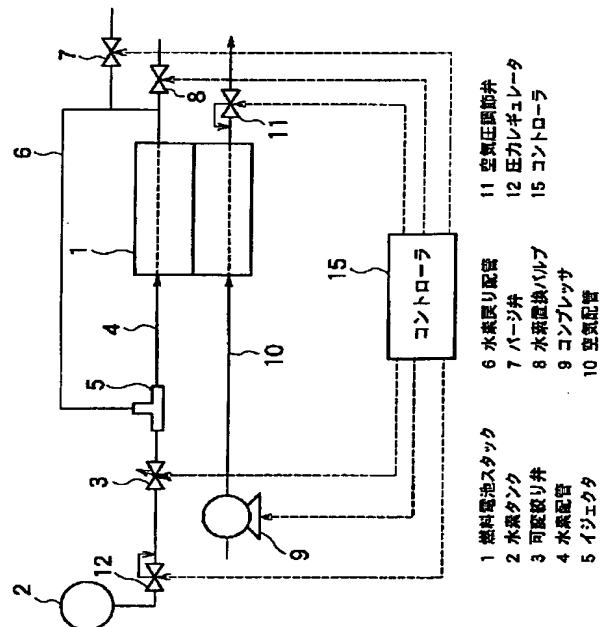


(11)特許出願公開番号

(43) 公開日 平成15年11月21日(2003. 11. 21)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電解質膜を挟んで燃料極と酸化剤極が対設された燃料電池本体と、
燃料電池本体に燃料ガス供給通路を介して燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、

燃料電池本体から排出された排燃料ガスを外部へ排出する燃料ガス排出手段を備え、

燃料電池システムの起動時に、前記燃料ガス供給手段から略一定の流量で燃料極に燃料ガスを供給しつつ、排燃料ガスを前記燃料ガス排出手段から排出することにより、前記燃料ガス供給通路および燃料極内部を燃料ガスで置換する燃料ガス置換を行うことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 燃料電池運転中に、燃料電池本体から排出された排燃料ガスの少なくとも一部を一時的に外部に排出するバージ手段を有し、
前記燃料ガス排出手段が、前記バージ手段よりも大きな開口面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記燃料ガス供給通路に可変絞り弁を備え、
前記燃料ガス置換時に、前記可変絞り弁の開度を一定とすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記燃料ガス供給通路の流量を制御する可変絞り弁と、
前記可変絞り弁と燃料電池本体との間に配設されたインジェクタと、
燃料電池本体から排出された排燃料ガスを前記インジェクタの吸入口に戻す燃料循環配管と、
前記インジェクタ上流の燃料ガス圧力を検出する圧力検出手段と、を備え、
前記燃料ガス置換時に、前記インジェクタ上流の燃料ガス圧力が所定値となるように、前記可変絞り弁開度を調整することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】 前記インジェクタ下流の燃料ガス圧力を検出する圧力検出手段を備え、
前記燃料ガス置換時に、前記インジェクタ上流の燃料ガス圧力の所定値をインジェクタ下流の燃料ガス圧力に応じて決めることを特徴とする請求項 4 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】 前記燃料ガス置換を所定時間経過したら終了させることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】 燃料電池本体の燃料極内、または燃料ガス通路内の燃料ガス濃度を検出する燃料ガス濃度検出手段を備え、
該燃料ガス濃度検出手段が検出した燃料ガス濃度に基づ

いて、前記燃料ガス置換を終了させることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】 前記燃料ガス排出手段上流の燃料ガス圧力を検出する圧力検出手段を備え、
該圧力検出手段が検出した圧力に基づいて、前記燃料ガス置換を終了させることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】 前記圧力検出手段が所定の圧力低下を検出した時から所定時間経過後に、前記燃料ガス置換を終了させることを特徴とする請求項 8 に記載の燃料電池システム。

【請求項 10】 電解質膜を挟んで燃料極と酸化剤極が対設された燃料電池本体と、
燃料電池本体に燃料ガス供給通路を経て燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、
燃料電池本体から排出された排燃料ガスを外部へ排出する燃料ガス排出手段と、

該燃料ガス排出手段上流の燃料ガス圧力を検出する圧力検出手段と、を備え、

燃料電池システムの起動時に、前記燃料ガス供給手段から燃料極に燃料ガスを供給しつつ、排燃料ガスを前記燃料ガス排出手段から排出することにより、前記燃料ガス供給通路および燃料電池本体の燃料極内部を燃料ガスで置換する燃料ガス置換を行い、
前記圧力検出手段が検出した圧力に基づいて、前記燃料ガス置換を終了させることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 11】 前記圧力検出手段が検出した圧力が所定値に低下した時から、所定時間経過後に、前記燃料ガス置換を終了させることを特徴とする請求項 10 に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は燃料電池システムに係り、特に、起動時間を短縮することができる燃料電池システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば、燃料電池システムの起動方法として、特許第 2735396 号に記載されたものがある。この従来例では、起動時は、燃料と空気を供給し、燃料電池の出力電圧を監視し、この出力電圧値が電圧許容下限値を超えた時点で、電力負荷を取り出すようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、燃料電池の出力電圧が上昇した状態であっても、電力負荷を取り出すと問題が起こる場合がある。例えば、燃料電池システムを長時間運転せずに放置した場合を考える。放置

状態では、燃料電池の燃料極及び燃料配管内の燃料ガスは、システム外に徐々に拡散したり、徐々に燃料電池内で空気中の酸素と反応して失われるため、燃料極及び燃料配管内は空気、または窒素が充満した状態となる。

【0004】ここで、燃料電池システムを起動するために、燃料極、空気極にそれぞれ燃料ガス、空気を供給すると、燃料極または燃料通路内の空気が燃料ガスに十分置き換わっていても、すぐに燃料電池の出力電圧は立ち上がる。しかし、ここですぐに負荷を取り出すと、燃料通路または燃料極内の燃料ガス濃度が不十分なため、急激な電圧降下が発生し、負荷を安定して取り出せないという問題点があった。

【0005】本発明は、上記のような従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、長時間放置後であっても確実にかつ短時間で起動できる燃料電池システムを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、燃料電池本体から排出された排燃料ガスを外部へ排出する燃料ガス排出手段を燃料電池システムに備え、燃料電池システムの起動時に、燃料ガス供給手段から燃料極に燃料ガスを供給しつつ、排燃料ガスを燃料ガス排出手段から排出することにより、燃料ガス供給通路および燃料極内部を燃料ガスで置換することを要旨とする。

【0007】

【発明の効果】本発明によれば、燃料電池システムの起動時に、燃料ガス通路および燃料電池の燃料極が確実に燃料ガスで置換され、長時間放置の後であっても確実に短時間で起動できるという効果がある。

【0008】

【発明の実施の形態】次に図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

〔第1実施形態〕図1は、本発明に係る燃料電池システムの第1実施形態の構成を説明する構成図である。同図において、燃料電池本体である燃料電池スタック1は、固体高分子電解質膜を挟んで酸化剤極と燃料極を対設した燃料電池構造体をセパレータで挟持し、複数これを積層したものである。燃料極に供給する燃料ガスとしては水素、酸化剤極に供給する酸化剤としては空気を用いる。

【0009】水素タンク2（燃料ガス供給手段）の水素ガスは、可変絞り弁3を介して燃料電池スタック1に供給される。可変絞り弁3は、通常運転時は、燃料電池スタック1への水素供給圧が適正になるように、コントローラ15で制御される。

【0010】なお、本実施形態では、水素タンク2と可変絞り弁3との間に、圧力レギュレータ12を設け、水素タンク2の残圧に関わらず、可変絞り弁3に一定圧力の水素ガスを供給するように制御している。

【0011】可変絞り弁3と燃料電池スタック1の間の水素配管4（燃料ガス供給通路）には、イジェクタ5が設けられる。燃料電池スタック1から排出される排燃料ガスである余剰水素は、燃料循環配管である水素戻り配管6を介してイジェクタ5の吸入口に戻され、通常運転時は、イジェクタ5で水素を循環させることにより、燃料電池スタック1の反応効率を上げている。

【0012】開閉弁を用いたバージ弁7は、通常運転時に、例えば燃料電池スタック内の水素通路が水で閉塞された場合等に、一時的に水素ラインをバージするためのバージ手段である。

【0013】開閉弁を用いた水素置換バルブ8は、起動時に水素ラインを水素で置換するための燃料ガス排出手段であり、バージ弁7より大きな開口面積に設定している。コンプレッサ9は、空気を圧縮して燃料電池スタック1の酸化剤極の入口に供給し、酸化剤極の出口に設けられた空気圧調整弁11により酸化剤極の空気圧が調整される。燃料電池スタック1への空気の供給及び空気圧の制御は、コントローラ15がコンプレッサ9及び空気圧調整弁11を制御することにより行われる。

【0014】次に、上記構成による燃料電池システムの起動手順の概要を、図2のフローチャートに基づいて説明する。まず、ステップ（以下、ステップをSと略す）11で起動操作を開始すると、燃料極及び燃料配管内ガスの置換開始の指示が出る。次いで、S12で水素置換バルブ8を開き、続いてS13で略一定流量（例えば100L/分程度）でシステムに水素を供給して、水素配管4、燃料極内部及び水素戻り配管6からなる水素ライン内を新規に供給した水素で置き換える水素置換（燃料ガス置換）を行う。

【0015】本実施形態では、一定流量で水素を供給するために、水素置換時の可変絞り弁3の開度を一定にするようにした。可変絞り弁3の上流/下流の圧力比が1.9以上であれば、可変絞り弁3はチョーク状態となる。従って、圧力レギュレータ12の設定圧を十分高くすれば、可変絞り弁3の下流圧に影響されず、開度が一定なら流量が一定となるのである。

【0016】S14で、所定時間（例えば10秒程度）が経過したことをもって水素ラインが十分置換されたことを判定し、水素置換を終了、すなわち可変絞り弁3を閉じて、水素の供給を止める。前記所定時間は、予め上記の置換流量で十分な置換ができる必要最小限の時間を実験的に求め、この必要最小限の時間にある程度の余裕度を加えて、その時間だけ置換するようにするのである。

【0017】S15で水素置換バルブ8を閉じ、S16では、通常運転操作に基づき空気、水素を供給し、電力負荷取り出しを開始する。

【0018】なお、本実施形態では、バージ弁7とは別に、バージ弁7より開口面積の大きい水素置換バルブ8

を設けた。従来のバージ弁7とは別個に水素置換バルブ8を設けた理由は、バージ弁7は燃料消費率を悪化させないために、必要最小限の開口面積としたいが、そうすると、起動時の水素置換で、大きな流量を流そうとした時に圧損が大きくなってしまいうためである。

【0019】もちろん、一つの開閉弁をバージ弁7兼水素置換バルブとして用いても構わない。この場合、バルブ開口面積を大きくすると、通常運転中にバージする時のバージ流量が不必要に多くなり、燃料消費が増える。

【0020】これとは逆に、バルブ開口面積を小さくすると、起動時に水素置換流量を大きくしようとする、バルブの圧損により燃料電池スタックにかかる圧力が高くなってしまい、燃料電池スタックにダメージを与えてしまうおそれがあり、水素置換流量を小さくせざるをえなくなり、必要な置換時間が長くなり、起動時間が延びてしまう。

【0021】ただし、バルブ一つとすることにより、低コスト化が可能であり、燃料消費率、起動時間、コストのバランスで、バルブを一つにするか二つにするか選択すべきである。

【0022】なお、以上イジェクタで水素を循環させるシステムについて説明してきたが、外部動力による水素循環ポンプを用いて水素を循環させるシステム、水素を循環させないシステムにおいても本発明を適用可能であることは言うまでもない。

【0023】以上説明したように本実施形態によれば、起動時に燃料ガス供給通路及び燃料極内部を確実に必要十分な水素置換を行うため、長期間放置後であっても、確実な起動が短時間で可能となるという効果がある。

【0024】特に、燃料ガスの供給流量を略一定とすることで、所定時間が経過したことをもって十分置換されたと判定できるので、簡単な制御により上記効果を得ることが出来る。

【0025】また、可変絞り弁の開度を一定とすることで燃料ガスの供給流量が略一定となるので制御構成がより簡単なものになる。

【0026】〔第2実施形態〕図3は、本発明に係る燃料電池システムの第2実施形態の構成を説明する構成図である。本実施形態と第1実施形態との相違は、可変絞り弁3とイジェクタ5との間に、イジェクタ入口圧を検知する圧力センサ13を設けたことと、燃料電池スタック1に供給する水素圧を検知するための圧力センサ14を設けたことである。その他の構成は、図1と同様であるので、同一の構成要素には同一符号を付与して重複する説明を省略する。

【0027】本実施形態では、起動時の水素置換において、圧力センサ13が検出するイジェクタ入口圧が一定（例えば0.5バール程度）となるように、可変絞り弁3の開度をコントローラ15が調整するようにした。

【0028】イジェクタ5は、その入口側のノズルによ

り流路が絞られるため、水素を流すと圧損が発生する。従って、水素置換時のイジェクタ入口圧を高く、置換時にイジェクタ5がチョークする値に設定すれば、イジェクタ5の上流圧を一定にすることにより、水素置換時の供給水素流量を一定に出来るのである。

【0029】次に、本実施形態における水素置換手順を図4のフローチャートで説明する。まず、S21で置換開始の指示が出ると、S22で水素置換バルブ8を開け、S23で圧力センサ13が検出するイジェクタ5の入口圧が所定の値となるように可変絞り弁3の開度を調整しながら水素を供給する。水素供給、すなわち実際の置換時間が所定時間となったら、S24で可変絞り弁3を閉じて水素供給を終了し、S25で水素置換バルブ8を閉じて、一連の置換作用を終了する。

【0030】なお、イジェクタ5のノズルの大きさ、水素置換流量等によっては、水素置換時にイジェクタ5をチョーク状態とできない場合がある。

【0031】イジェクタの大きさは、燃料電池スタックの特性により決まる、通常運転時にイジェクタで循環させた水素量によって決められるべきである。

【0032】また、水素置換流量は、多すぎると排出される水素量が多くなり、排水素を燃焼させる図示しない燃焼器が大型化したり、燃費が悪化するため、極端に多くすることはできない。

【0033】例えば、ノズル面積の大きなイジェクタを用い、水素置換流量を少ない設定にした場合は、置換時にイジェクタをチョーク状態で維持できなくなるのである。

【0034】このような場合は、図5に示すように、燃料電池スタック1の入口圧に応じて、水素要求流量が所定の一定値となるイジェクタ入口圧を予めコントローラ15に記憶させておき、その圧力となるように可変絞り弁3を調整すれば、全く同様の効果を得ることができるのである。

【0035】以上説明してきたように、本実施形態によれば、第1実施形態と同様に、起動時に確実に必要十分な水素置換を行うため、長期間放置後であっても、確実な起動が可能となったのである。

【0036】特に、既存のイジェクタを用い、イジェクタがチョークする特性を利用して、イジェクタ上流の燃料ガス圧力が所定値となるように、可変絞り弁開度を調整することにより、簡単かつ確実に燃料ガスの供給流量を略一定とすることができる。

【0037】また、イジェクタ上流の燃料ガス圧力をイジェクタ下流の燃料ガス圧力に応じて決めるので、イジェクタ下流の燃料ガス圧力が変動しても簡単かつ確実に燃料ガスの供給流量を略一定とすることができる。

【0038】〔第3実施形態〕本実施形態の構成は、図3に示した第2実施形態と同様である。図6には、水素置換時の燃料電池スタック入口圧の推移を示す。図6の

10

20

30

40

50

実線は、起動前に燃料電池システムの水素ラインが、完全に空気で満たされており、置換に最も時間を要する場合である。

【0039】水素供給を始めると、いったん燃料電池スタック入口圧が上昇し、置換が進むにつれて圧力は低下し、水素ラインが完全に水素で満たされると、圧力は一定（ P_0 ）（例えば 3 kPa）となる。

【0040】これは、空気は水素に対して分子量が大きく、一定流量で置換した場合、水素置換バルブを通過する時の圧力が水素に対して大きいためである。すなわち、置換流量一定の場合、イジェクタ下流圧で、水素ラインにどの程度空気が残存しているかが判定できるのである。

【0041】本実施形態では、イジェクタ下流圧として燃料電池スタック入口圧を用いたのである。

【0042】また、同図の破線は、起動前に燃料電池システムの水素ラインに、水素が残存していた場合の一例である。水素ラインが空気で満たされている実線の場合は、置換を t_1 時間行う必要があるのに対し、水素が残存している破線の場合は、 t_2 （ $t_2 < t_1$ ）でよいことがわかる。

【0043】本実施形態では、この特性を利用し、水素置換時に燃料電池スタックの入口圧が所定値（ P_0 ）を下回った時点で置換を終了するようにした。すなわち、イジェクタ入口圧を検知する圧力センサ 13 が燃料ガス濃度を検出する手段の役割もかねて燃料電池スタックの入口圧が所定値（ P_0 ）を下回ったことを燃料極内、燃料ガス通路の水素濃度が所定値以上（発電に必要な最低限の濃度以上）となったとみなしている。

【0044】次に、本実施形態における起動時の水素置換を図 7 のフローチャートに基づいて説明する。

【0045】まず S31 で置換開始の指示が出ると、S32 で水素置換バルブ 8 を開け、S33 で圧力センサ 13 が検出するイジェクタ入口圧が所定値となるように可変絞弁 3 の開度を調整しながら水素を供給する。S34 で圧力センサ 14 が検出する燃料電池スタック 1 の入口圧が所定値以下か判定し、所定値以上の場合はそのまま水素供給を続けるように、所定値以下の場合は S35 で可変絞弁 3 を閉じて水素供給を終了し、S36 で水素置換バルブ 8 を閉じて、一連の置換作業を終了する。

【0046】こうすることにより、燃料電池システムの水素ライン内の水素残存量（濃度）に応じて、必要最小限の置換時間とすることが可能となり、置換により失われる水素量を最小に抑え、起動時間を短縮しつつ、確実な起動が可能となったのである。

【0047】また、燃料ガス排出手段である水素置換バルブ 8 上流のガス圧力値で水素ライン内の水素残存量（濃度）を判別することができるようになり、水素濃度専用のセンサを用いる必要も無い。

【0048】また、燃料ガスの供給流量を略一定として

おくことで、燃料極内、または燃料ガス通路内の燃料ガスの増加に伴い燃料ガス排出手段上流の圧力が所定値以下となったことが判定しやすくなる。本発明を適用しない場合、燃料ガスの供給流量が略一定でなくなり、燃料ガス排出手段上流の圧力が所定値以下となっても燃料極内、または燃料ガス通路内の燃料ガスの増加に伴うものか、燃料ガス供給流量の変動に伴うものか判別が困難となり、制御が不確実となる。

【0049】なお、本実施形態では、燃料電池スタック入口圧を検出する圧力センサ 14 を用いたが、圧力センサの位置は、イジェクタより下流であれば、例えば燃料電池スタック下流でもよいことは言うまでもない。

【0050】本来は、水素置換バルブ入口圧を使うのが理想的であるが、燃料電池スタックの圧損が十分小さければ、上記のように燃料電池スタック入口圧で代用できるのである。

【0051】なお、イジェクタ入口圧を一定にすることにより置換流量を一定とするようにしたが、可変絞弁開度を一定にして、置換流量を一定となるようにしてもよい。

【0052】〔第 4 実施形態〕本実施形態の構成は、図 3 に示した第 2 実施形態と同様である。上記の第 3 実施形態では、水素ライン内が空気で満たされている場合に、置換時の燃料電池スタック入口圧力が例えば最大 40 kPa まで上がる水素置換流量、水素置換バルブの設定にした場合に、十分置換された後の状態では、圧力が約 3 kPa となる。このような最大圧力 40 kPa に耐えて、かつ低圧力を精度よく検知するためには高価な圧力センサが必要となる。

【0053】圧力センサの精度が低い場合は、十分に置換されていないのに置換終了判定してしまったり、センサ指示値上は圧力が P_0 まで落ちずに、置換が終了しなくなる不具合が予測される。

【0054】そこで、本実施形態では、判定圧力を図 6 の P_0 よりもやや高い P_1 （例えば 6 kPa）とし、そのかわりに、燃料電池スタック入口圧が P_1 以下となった後も、所定時間（例えば 3 秒程度）水素供給を続けるようにした。

【0055】図 8 は、本実施形態の水素置換動作を説明するフローチャートである。図 7 の第 3 実施形態との相違は、S45 で、スタック入口圧力が所定値（ P_1 ）以下となった後に、さらに所定時間水素を供給し続け、置換を続けることである。

【0056】こうすることにより、安価で精度の低い圧力センサを用いつつ、確実に必要十分な置換を行ない、安定して起動することが可能となったのである。

【0057】なお、イジェクタ入口圧を一定にすることにより置換流量を一定とするようにしたが、可変絞弁開度を一定にして、置換流量を一定となるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃料電池システムの第1実施形態の構成を説明する構成図である。

【図2】第1実施形態の動作を説明するフローチャートである。

【図3】本発明に係る燃料電池システムの第2実施形態の構成を説明する構成図である。

【図4】第2実施形態の動作を説明するフローチャートである。

【図5】燃料電池スタック入口圧力に対する水素流量が所定値となるイジェクタ入口圧力を示す図である。

【図6】第3実施形態における水素置換時の燃料電池スタック入口圧力の時間変化を示す図である。

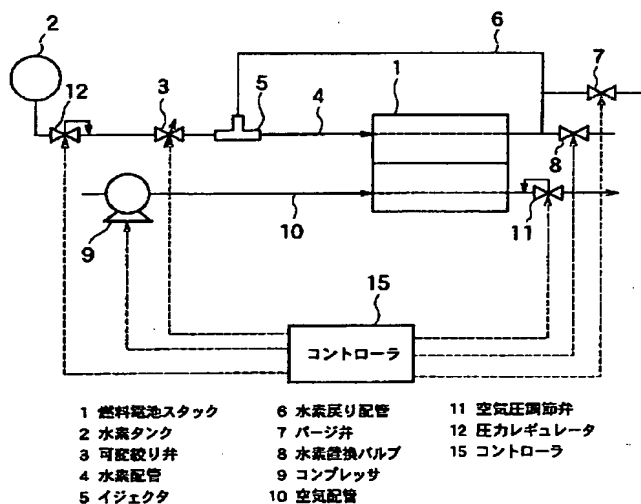
【図7】第3実施形態の動作を説明するフローチャートである。

【図8】第4実施形態の動作を説明するフローチャートである。

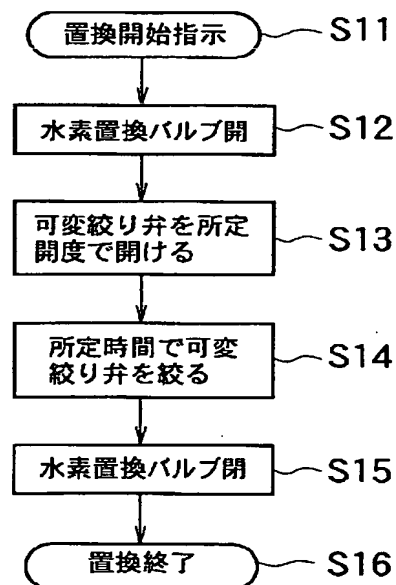
【符号の説明】

- 1…燃料電池スタック
- 2…水素タンク
- 3…可変絞り弁
- 4…水素配管
- 5…イジェクタ
- 6…水素戻り配管
- 7…バージ弁
- 8…水素置換バルブ
- 9…コンプレッサ
- 10…空気配管
- 11…空気圧調整弁
- 12…圧力レギュレータ
- 13…圧力センサ
- 14…圧力センサ
- 15…コントローラ

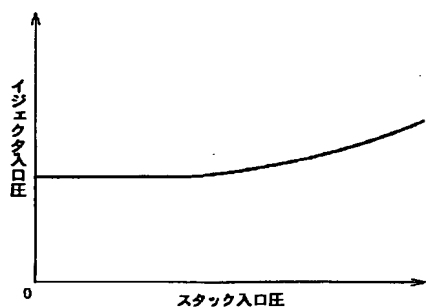
【図1】



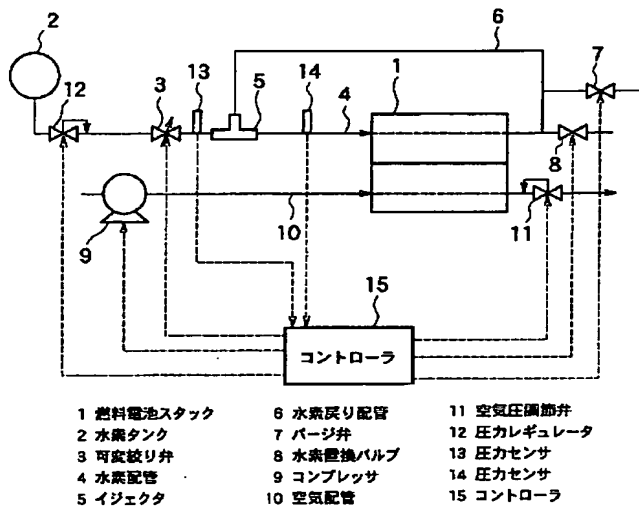
【図2】



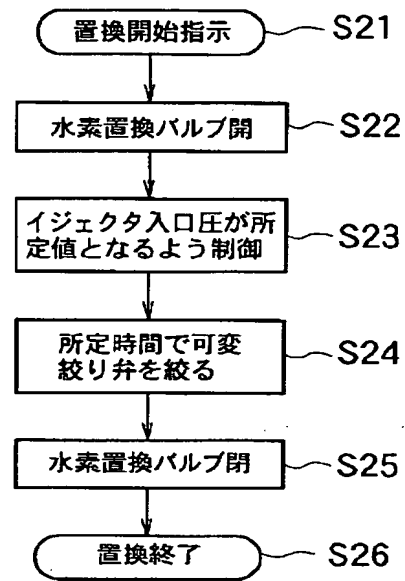
【図5】



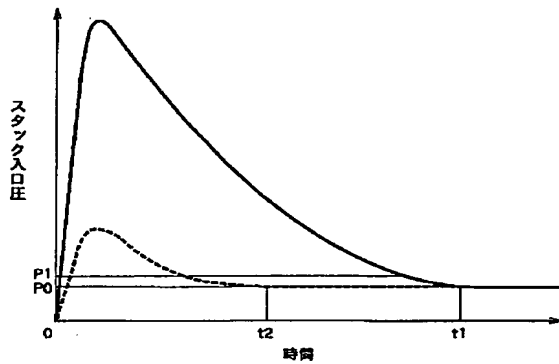
【図3】



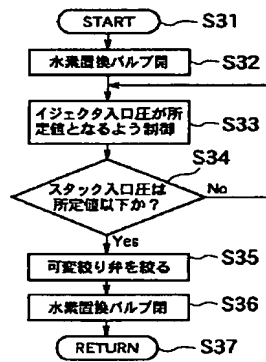
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

